

**INCIDENCIA DE LA RADIACIÓN SOLAR, RAYOS UV Y TEMPERATURA, EN
EL CRECIMIENTO DE COLIFORMES TOTALES Y FECALLES EN ARENA DE
PLAYA PUERTO MOCHO EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA**

SONIA CAROLINA GONZÁLEZ LÓPEZ

KATRIN YELENA PINTO ACOSTA



CORPORACIÓN UNIVERSIDAD DE LA COSTA

DEPARTAMENTO DE CIVIL Y AMBIENTAL

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

BARRANQUILLA

2018

**INCIDENCIA DE LA RADIACIÓN SOLAR, RAYOS UV Y TEMPERATURA, EN EL
CRECIMIENTO DE COLIFORMES TOTALES Y FECALIS EN ARENA DE PLAYA
PUERTO MOCHO EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA**

SONIA CAROLINA GONZÁLEZ LÓPEZ

KATRIN YELENA PINTO ACOSTA

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE: INGENIERO AMBIENTAL**

**DIRECTOR: M.SC. RUBÉN DARÍO CANTERO RODELO
CODIRECTOR: M.SC. FABIO ARMANDO FUENTES GÁNDARA.**

**CORPORACIÓN UNIVERSIDAD DE LA COSTA
DEPARTAMENTO DE CIVIL Y AMBIENTAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BARRANQUILLA**

2018

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación está dedicado a todas las personas que siempre creyeron en nuestras capacidades, en aquellas virtudes que tenemos todos, es grato saber la fuerza y determinación que cada uno posee cuando se desea alcanzar una meta.

A Dios, por permitirnos llegar hasta donde estamos, porque sin Él nada de esto sería posible, por ser siempre ese sentimiento de alegría, tranquilidad y serenidad en cada uno de los momentos difíciles y regalarnos las fuerzas necesarias para alcanzar ese logro con tan anhelado y valioso esfuerzo.

A nuestros padres, no hay un día en el que no le agradezcamos a Dios el habernos colocado entre ustedes, la fortuna más grande es tenerlos con nosotros y el tesoro más valioso son todos y cada uno de los valores que nos han inculcado.

Aquellos que nos rodean, familiares y amigos que nos apoyaron.

A los profesores que nos exigieron para ser de nosotras lo que hoy somos.

Sonia Carolina González López

Katrin Yelena Pinto Acosta

Agradecimiento

Los autores se complacen en agradecer a:

A Dios por ser el pilar de nuestras vidas, sin el nada es posible.

A nuestro director Rubén Cantero Rodelo, quien nos indujo a la realización del proyecto, ofreciéndonos su conocimiento y su apoyo incondicional, a nuestro codirector Fabio Fuentes Gándara, quien nos orientó en la organización y estructura del proyecto, al profesor Kennedy, quien nos fortaleció y nos acompañó durante todo el proceso estadístico del proyecto, a nuestras laboratoristas Erika Arbeláez y Ana Belén, por su acompañamiento y colaboración, pero sobre todo por brindarnos su amistad, conocimiento y compañía en esa etapa de nuestro proyecto, a la Universidad de la Costa, CUC, quien nos formó en conocimientos, estableciendo las bases para lograr nuestros objetivo, a nuestros padres, quienes siempre estuvieron allí dando una voz de aliento, quienes con todo su esfuerzo lograron sacarnos adelante para ser lo que hoy en día somos, finalmente agradecemos a todas aquellas personas que, de cierta manera, formaron parte de todo este proceso.

Sonia Carolina González López

Katrin Yelena Pinto Acosta

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Barranquilla, 3 de Agosto de 2018

Resumen

Los programas de monitoreo para controlar la calidad microbiológica de las playas presentan deficiencias en la contaminación potencial de las arenas, considerando que las actividades en esas zonas pueden representar un riesgo para la salud de las personas que suelen estar el mayor tiempo en esa área, por tanto el objetivo del estudio fue evaluar la incidencia de la radiación solar, rayos UV y temperatura, en el crecimiento de coliformes totales y fecales en la arena de playa de Puerto Mocho en la ciudad de Barranquilla. Para esto, fue necesario hallar una estación meteorológica que suministrara los datos necesarios para la investigación, se realizaron muestreos cada 8 días, comprendidos entre los meses de junio y julio de 2017, se realizaron 7 muestreos recolectando muestras de arena de mar en un tiempo comprendido entre las 09:00 am y las 04:00 pm, se tomaron como referencia los parámetros de pH y salinidad, luego se analizaron los parámetros microbiológicos para determinar su tasa de crecimiento en las horas indicadas, los resultados obtenidos indicaron que las menores concentraciones de coliformes totales y fecales se presentaron en las horas de la mañana y la mayor concentración en las horas de la tarde, estos valores fueron comparados con otros estudios donde posiblemente se puede establecer que la playa presenta una mala calidad ambiental, además se evidenció que no existe correlación entre las variables microbiológicas con la radiación solar, rayos UV y temperatura, esto posiblemente se debe a los factores físico-químicos y ambientales como el pH, salinidad y sustancias tóxicas que pueden estar presentes en la arena de playa y que de una u otra manera pueden incidir en el crecimiento de estos microorganismos.

Palabras Clave: Coliformes totales, coliformes fecales, rayos UV, radiación solar, temperatura

Abstract

The monitoring programs to control the microbiological quality of the beaches have deficiencies in the potential contamination of the sands, considering that the activities in those areas can represent a risk to the health of the people who tend to spend most time in that area. The objective of the study was to evaluate the incidence of solar radiation, UV rays and temperature in the growth of total and fecal coliforms in the beach sand of Puerto Mocho in the city of Barranquilla. For this, it was necessary to find a meteorological station that supplied the necessary data for the investigation, samplings were made every 8 days, between the months of June and July of 2017, in each sampling 7 campaigns were carried out collecting samples of sea sand in a time between 09:00 a.m. and 04:00 p.m., the pH and salinity parameters were taken as a reference, then the microbiological parameters were analyzed to determine their growth rate at the indicated times, the results obtained indicated that the lower concentrations of total and fecal coliforms were presented in the morning hours and the highest concentration in the afternoon hours, these values were compared with other studies where it can possibly be established that the beach has a poor environmental quality, it was also evident that there is no correlation between the microbiological variables with solar radiation, UV rays and tempera This may be due to the physical-chemical and environmental factors such as pH, salinity and toxic substances that may be present in the beach sand and which in one way or another may influence the growth of these microorganisms.

Key Words: total coliforms, fecal coliforms, UV rays, solar radiation, temperature

Contenido

Introducción	12
Capítulo 1	15
1.1 Planteamiento del problema	15
Capítulo 2	17
2.1 Justificación	17
Capítulo 3	19
3.1 Objetivos	19
3.1.1 Objetivo general	19
3.1.2 Objetivos específicos	19
Capítulo 4	20
4.1 Marco Teórico	20
4.1.1 Antecedentes	20
4.2 Marco conceptual	26
4.2.1 Playa	26
4.2.2 Arena de playa	29
4.2.3 Coliformes totales	30
4.2.4 Coliformes fecales	30
4.2.5 Temperatura	31
4.2.6 Radiación solar	31
4.2.7 Rayos UV (Ultravioletas)	32
4.2.8 pH (Potencial de Hidrógeno)	33
4.2.9 Salinidad	33
4.3 Marco legal	33
Capítulo 5	35
5.1 Diseño Metodológico	35
5.1.1 Área de estudio	35
5.2 Tipo de Investigación	36
5.3 Técnica de Investigación	36
5.4 Fase de campo	37
5.4.1 Variables In Situ	38
5.4.2 Variables Ex Situ	38

5.4.3	Análisis de laboratorio	38
5.5	Análisis de datos.....	39
Capítulo 6.	.....	40
6.1	Resultados y Discusión	40
6.1.1	Variables físico-químicas.....	40
6.1.2	Variables microbiológicas	42
Capítulo 7.	.....	50
7.1	Conclusiones	50
Capítulo 8.	.....	51
8.1	Recomendaciones.....	51
Referencias.	.....	53
Anexos	.....	65

Lista de tablas y figuras

Tablas.

Tabla 1. Listado definitivo de parámetros para determinar la calidad ambiental en playas turísticas	29
Tabla 2 .Valores Máximos permisibles para el análisis constitutivo de arena de playa.	34
Tabla 3. Estadística básica (promedio, desviación estándar, valores máximos y mínimos) de los rayos UV, temperatura y radiación solar	41
Tabla 4. Estadística básica (Promedio, desviación estándar y máximos y mínimos) de los parámetros físicos, pH y salinidad.	42
Tabla 5. Estadística básica (Promedio, desviación estándar y máximos y mínimos) de los parámetros microbiológicos coliformes totales y fecales.	45
Tabla 6. Matriz de correlación de los coliformes totales y fecales, con respecto a la radiación solar, rayos UV y temperatura	47

Figuras.

Figura 1. Zonación de la playa en función de las condiciones ecológicas. Recuperado de Moreno y Warner, 2009.	28
Figura 2 .Ubicación del área de estudio, Recuperado de https://earth.google.com/web/	36
Figura 3. Procedimiento del análisis de los parámetros microbiológicos. Recuperado de: American Public Health Association (APHA) – American Water Works Association (AWWA) - Water Environment Federation (WEF) (APHA, AWWA, & WEF. 1995.....	39
Figura 4. Valores de unidades formadoras de colonia (UFC) de los coliformes totales y fecales, con respecto a la radiación solar, rayos UV y temperatura, Fuente: Autor	46

Lista de anexos

Anexo 1. Datos generales de campaña de muestreo en la playa Puerto Mocho.....	65
Anexo 2. Zona Intermareal de la Playa puerto mocho.....	66
Anexo 3. Playa puerto mocho.	67
Anexo 4. Presencia de equinos en Playa Puerto mocho.	67
Anexo 5. Índice de contaminaciones playa de Puerto Mocho.	68
Anexo 6. Presencia de patos en playa de Puerto Mocho.	68
Anexo 7. Presencia de porcinos en playa de Puerto Mocho.	69
Anexo 8. Turismo en playa de Puerto Mocho.	69
Anexo 9. Toma de muestra de arena en playa de Puerto Mocho.....	70
Anexo 10. Toma de muestra de arena en playa Puerto Mocho.	70

Introducción

Las zonas costeras se caracterizan por la relación entre el mar y la arena, y en su dinámica natural presenta rompiente de olas, fuertes vientos, aumento o descenso del nivel del mar y descarga de sedimentos por los ríos, que a su vez alberga componentes introducidos por el hombre que favorecen o perjudican al ecosistema (García y Llanos, 2016).

Las playas se encuentran bajo la influencia de la tierra y el agua al mismo tiempo, por lo que son consideradas de alta fragilidad ambiental (Zielinski y Botero, 2012). Estos lugares son especialmente atractivos tanto para turismo como para la recreación por poblaciones aledañas y extranjeros, los cuales soportan una enorme presión humana, sin embargo la densidad de los visitantes altera la calidad ambiental de las playas, debido a la acumulación de desechos sólidos, la presencia de mascotas, y el mal uso de estas áreas; adicionalmente, las descargas de las aguas residuales de locales que prestan servicios en las playas, la desembocadura de ríos contaminados, descargas de aguas sin tratamientos previos de industrias, actividades agrícolas y urbanismos y residuos de embarcaciones, factores claves que inciden en la degradación de la misma (Mejía, 2008). Como resultado, generan un peligro para la salud humana, el riesgo de contraer enfermedades infecto contagiosas asociada a las bacterias coliformes fecales, tales como fiebre tifoidea, paratifoidea, hepatitis y trastornos gastrointestinales (Garrido, 2017).

En los últimos diez años el número de investigaciones en el tema de Calidad Ambiental en Playas Turísticas (CAPT) ha aumentado exponencialmente, por lo cual se hace necesario revisar la literatura científica relacionada y describir aciertos y vacíos presentes en esta la revisión partió del hecho que las publicaciones científicas sobre impacto ambiental que se genera en estas zonas todavía son escasos, la mayoría de estos temas ambientales costeros se han centrado tradicionalmente en la descripción, evaluación y propuestas de manejo para ecosistemas

particulares, pero son pocas las investigaciones que se dedican específicamente a evaluación y definición de la calidad ambiental en Playas Turísticas (Botero et al, 2013).

Siguiendo con lo anterior, hay un problema nacional con respecto a coliformes totales y fecales en la arena de la playa, particularmente uno de los pocos estudios a nivel local, es el estudio reportado por (García y Llanos, 2016) donde miden el número de coliformes totales y fecales presente en 5 playas pertenecientes al Municipio de Puerto Colombia - Atlántico, donde se observan valores de coliformes con un máximo para la mañana de 560 NMP/10g y para la jornada de la tarde un valor de 2100 NMP/10g en la arena de la playa, evidenciando que durante los siete meses muestreados se obtuvieron muestras con altos índices de contaminación fecal en la playa en cuanto a coliformes totales, sobrepasando el límite permisible establecidos en la NTS-001-2 Norma técnica Sectorial Destino Turístico de Playas

Con respecto a la incidencia que tienen algunos factores sobre el crecimiento de los coliformes totales y fecales, se puede considerar que existen condiciones meteorológicas como los rayos UV, que acompañan a la radiación solar y participan en el balance energético terrestre, en los procesos biológicos, ecológicos y fotoquímicos en los cuales tiene un efecto letal y mutagénico sobre las bacterias coliformes, siendo capaz de depurar o inmovilizar los contaminantes gracias a su longitud de onda (Martínez, 2010 y Antón, 2008); no obstante, existen varios factores tanto bióticos como abióticos que pueden causar la descomposición de las bacterias fecales en la naturaleza, entre los principales factores abióticos se encuentra la variación de la temperatura, inactivación por luz solar, disponibilidad de fuentes de carbono, fluctuaciones de pH, y estrés osmótico debido a los cambios de salinidad en el medio; los factores bióticos incluyen predación por protozoos, infección por fagos y bacterias antagonistas (Zhang et al., 2015).

En vista de que la playa Puerto Mocho es una zona concurrida por visitantes y habitantes aledaños al sector y existe poca información de los microorganismos, los cuales generan una contaminación a la playa y el riesgo de contraer enfermedades infecciosas, por esto es de vital importancia evaluar la incidencia de la radiación solar, los rayos UV y la temperatura sobre la tasa de crecimiento de estos microorganismos.

Capítulo 1

1.1 Planteamiento del problema

La calidad ambiental de las playas está enfocada principalmente en: valor escénico, calidad sanitaria de agua y arena, calidad de servicios e infraestructura y nivel de educación ambiental, para así garantizar el potencial desarrollo de actividades turísticas, recreacionales, pesqueras, económicas, conservacionistas y científicas. En cuanto a la calidad sanitaria de agua y arena, el grupo de bacterias coliformes totales y coliformes fecales representan un riesgo para salud pública y por tanto un deterioro de la calidad del ambiente costero (Garrido, 2017).

Considerando lo anterior, se ha reportado tanto en el agua como en la arena de las playas de Huequito y Quizandal Carabobo-Venezuela, la presencia y proliferación de microorganismos, especialmente las bacterias entéricas (coliformes totales y fecales) con cantidades de 367 y 368 NMP/100g, las cuales tienen la posibilidad de generar enfermedades tales como fiebre tifoidea, paratifoidea, hepatitis y trastornos gastrointestinales, a los turistas que suelen visitarlas con mucha frecuencia.

Es bien conocido que la existencia de coliformes fecales en gran parte depende de los nutrientes que acarrean las mareas y otros que llegan desde la tierra (Bonilla et al., 2007), sin embargo aportes como las descargas de aguas residuales, descargas de ríos, ciénagas, la generación de residuos sólidos y heces de personas y animales, pueden incidir en la permanencia de estos en la zona (Vergaray et al, 2011).

A su vez, en el estudio realizado en las playas de Puerto Bolívar (Guajira), se reporta presencia de contaminación fecal la cual se produce actividades en el litoral y actividades marinas, causando altas concentraciones de coliformes totales y fecales en época húmeda, donde arrojaron concentraciones de 1.025 UFC/100mL para coliformes totales, esto se atribuyó al agua

deslastrada en puerto, que mediante la corriente propia del lugar ha llegado a diferentes puntos de la bahía de Portete, generando un riesgo a la salud de las personas aledañas a estas zonas (Tous et al, 2007).

Con respecto a la playa turística Puerto Mocho, se ha evidenciado que es un lugar concurrido y los visitantes desconocen la problemática existente, la degradación de esta zona según lo reportado por Gutiérrez et al. (2014), donde se demuestra que la playa está contaminada a lo largo de su territorio, debido a vertimientos de aguas residuales, heces de personas y animales y la generación de residuos sólidos que han hecho mermar considerablemente la producción del río Magdalena, aportando un alto grado de contaminación y limitando sus potenciales de uso en estas zonas.

Es por ello; que con base a la problemática descrita anteriormente, surge el siguiente interrogante: ¿Cómo afecta la radiación solar, los rayos UV y la temperatura a la población microbiana de coliformes totales y fecales en la playa de Puerto Mocho?

Capítulo 2

2.1 Justificación

Muchos de los estudios están asociados a la contaminación microbiana de las fuentes hídricas, no siendo este el único ambiente propicio para el crecimiento de coliformes totales y fecales, de hecho las arenas y los sedimentos proporcionan un hábitat donde las poblaciones de bacterias fecales pueden persistir y en algunos casos crecer en esta zona, estos microorganismos están menos estudiados en arenas de playa y sedimentos, pero existe evidencia de que también pueden sobrevivir en estos ambientes (Halliday y Gast, 2011).

Las playas por ser ambientes extremadamente dinámicos y frágiles, donde arena, agua y aire están siempre en movimiento y cambian en respuesta a la dirección de las olas, las corrientes y al nivel del mar, que a su vez traen consigo contaminantes que perjudican notoriamente la calidad de la playa, convirtiéndose en un elemento que constituye un riesgo de enfermedades para los bañistas (Morales et al., 2015), es por esta razón que en esta investigación se decide enfatizar la contaminación en arena, especialmente la arena de playa, siendo esta de uso primario por estar cerca del mar, y por ser utilizada como fuente de recreación.

Considerando que la playa Puerto Mocho es un sector concurrido por visitantes y personas aledañas al sector, resultaría necesario la realización de este estudio para determinar si esta zona presenta buenas condiciones ambientales, puesto que carece de servicio de alcantarillado, manejo inadecuado de residuos sólidos y presencia de animales domésticos en la zona de recreación, además de los aportes que le suministra el río Magdalena, degradando su uso y funcionalidad, lo que genera un impacto ambiental sobre el ecosistema costero y colocando en riesgo la salud de los turistas y de las personas que se encuentran establecidas en el sector, esta investigación se centra en evaluar las concentraciones de estos microorganismos en la arena con

relación a la incidencia de la radiación solar, los rayos UV y la temperatura, dado que son pocos los estudios con énfasis a la problemática planteada en esta zona.

Por tanto la realización de esta investigación, serviría como una herramienta de información para los entes gubernamentales y de salud, con el objetivo de tomar medidas que permitan mitigar el riesgo a los que se exponen los visitantes y habitantes aledaños al sector de la playa Puerto Mocho, ubicada en el barrio las Flores de la ciudad de Barranquilla, de igual forma este estudio serviría como base a futuras investigaciones relacionadas con el tema de coliformes totales y fecales en la arena de la playa.

De acuerdo con lo anterior, la sanidad ambiental de las playas proporciona a los turistas la seguridad de que la zonas cuenta con un manejo adecuado de la parte social, ambiental y económica; con esto se ayuda a la mejor elección de las playa que ofrezcan una alta calidad de servicios y seguridad marítima, los cuales son factores muy importantes para muchos tipos de turistas, como lo son las familias (Zielinski y Botero, 2012)

Capítulo 3**3.1 Objetivos****3.1.1 Objetivo general**

Evaluar la incidencia de la radiación solar, los rayos UV y la temperatura en el crecimiento de coliformes totales y fecales en la playa Puerto Mocho de la ciudad de Barranquilla.

3.1.2 Objetivos específicos

Determinar los niveles de radiación solar, rayos UV y temperatura, de la playa Puerto Mocho de la ciudad de Barranquilla.

Determinar la tasa de crecimiento de coliformes fecales y totales a diferentes horas del día en las playas de Puerto Mocho de la ciudad de Barranquilla.

Correlacionar la radiación solar, los rayos UV y la temperatura con la tasa de crecimiento de los coliformes totales y fecales presentes en la playa de Puerto Mocho de la ciudad de Barranquilla.

Capítulo 4

4.1 Marco Teórico

4.1.1 Antecedentes

4.1.1.1 Nivel Internacional

Las playas son zonas de transición entre el mar y la arena, que están expuestas a variaciones extremas de radiación solar, temperatura y altas concentraciones de nutrientes, las cuales están sujetas a cambios significativos entre ambos ecosistemas (Emiliani y González, 2005). En el estudio realizado por Murdryk y Podgórska, (2007) analizaron la interacción de los coliformes fecales con la arena de playa teniendo en cuenta el largo y ancho de las playas Puerto Angelito y Bahía Principal en Puerto Escondido, Oaxaca; se demostró que la supervivencia de estos microorganismos se favorece por los sedimentos, ya que disminuye su exposición a la luz solar y a la depredación, a la vez incrementa la disponibilidad de nutrientes; por lo tanto, los sedimentos de las costas pueden actuar como reservorios para microorganismos patógenos, un factor que contribuye a la disminución del número de bacterias fecales en la arena húmeda es la salinidad, debido a que la presión osmótica de la sal detiene eficazmente los procesos metabólicos de las bacterias causando la muerte (Bonilla et al., 2007), las bacterias indicadoras fecales pueden persistir y multiplicarse potencialmente en suelos tropicales y arena, de forma que pueden adquirirse una serie de enfermedades provocadas por especies de patógenos al contacto con la arena de mar.

Con respecto a la investigación realizada en 6 playas en St. Clair Country, Michigan (EE.UU.), las bacterias fecales contadas en arena se encontraron en un rango de 3 y 48 veces más alto en comparación con el agua; los microorganismos encontrados en la arena a una profundidad de (0-10 cm) eran muchos más altas en comparación con la profundidad de 15-20 cm (Wheeler-

Alm et al. 2003), de igual manera Bonilla et al., (2007) reportaron que tres playas de Florida del Sur (USA) presentaban indicadores fecales que fueron en promedio de 100-1000 veces mayores en la arena en relación con el agua de mar; tales resultados muestran que probablemente las concentraciones de materia orgánica, oxígeno y nivel de producción de *Microphytobenthos*, son estimuladores del crecimiento de las bacterias heterotróficas, y que disminuyen con la profundidad en la arena

Así mismo, Skórczewshi et al., (2012) estimaron el número de bacterias fecales presentes en la playa Ustka - Polonia; para esto se realizaron muestreos en agua de mar, arena húmeda y arena seca para analizar el medio que registraba las mayores concentraciones de bacterias fecales, los resultados demostraron que los microorganismos encontrados estuvieron entre un rango de 3 y 9 veces mayor en arena seca con valores de (1293 UCF por 100 g) que en el agua de mar con valores de (204 UCF por 100 g) y entre 2 y 6 veces mayor que en arena húmeda con concentraciones de (150 UCF Por 100 cm³); teniendo en cuenta que las bacterias fecales estudiadas fueron más numerosas en la superficie de (0-5 cm) que en la arena subsuperficial de (10-15 cm)

Por otra parte, Pinto et al., (2012) realizaron una investigación con el fin de evaluar la calidad sanitaria del agua, la arena húmeda y la arena seca de tres playas, ubicadas en la región de la costa sur del estado de São Paulo, Brasil, donde se midieron los niveles bacteriológicos fecales, arrojando como resultados que la mayor concentración de bacterias fecales se encontró en la arena seca en la playa A con (790 NMP/100 g), en la playa B (790 NMP/100 g) y en la playa C (330 NMP/100 g), seguida de la arena húmeda con (78 NMP/100 g) en la playa A, (8 NMP/100 g) en la B y (20 NMP/100 g) en la C, y para el agua (100 UFC/100 ML) para la playa A, (8 UFC/100 ML) para la playa B y (<1 UFC/100 ML) para la playa C, además se ha

demostrado que la mayor densidad de bacterias fecales es observada en arena seca en comparación con la arena húmeda, lo cual en gran parte puede atribuirse a la depredación, el cual es un factor biótico importante que influye en las tasas de mortalidad de las bacterias fecales

A su vez existen diversos factores que podrían estar relacionados directa e indirectamente con el número estimado de microorganismos en arena de playa, tales como, la precipitación, temperatura atmosférica de la región, condiciones de la marea, el estado de abandono y el grado de afluencia de bañistas durante ciertos meses del año (Guerrero de abreu et al, 2014).

En la última década, los científicos han encontrado bacterias fecales en la arena de playa que sobrepasan de 10 a 100 veces los límites permisibles a medida que se acerca a la zona donde el agua y la arena tienen contacto, en el laboratorio los investigadores crearon microcosmos de arena de la playa y el agua de mar contaminada con aguas residuales para ver cómo las poblaciones bacterianas totales incluidos los fecales son responsables de causar enfermedades respiratorias, gastroenteritis, conjuntivitis y dermatitis; se evidencio que las comunidades microbianas tendieron a decaer mucho más lento en el entorno de la arena de playa simulada que en el agua, lo que podría ayudar a explicar por qué las bacterias fecales se encuentran más en las playas arenosas afectadas por la contaminación de aguas residuales que en las olas (Zhang, Xia y Tao , 2015).

Así mismo, Garrido (2017) reporta que la presencia de materia orgánica en las arenas, demuestra la asociación de las bacterias coliformes a la misma, esta variable puede tener su origen en el agua debido al vertido de drenajes de aguas negras, excretas de animales, y en la arena por los desechos sólidos arrojados por las mareas o por los usuarios de las playas, y por los excrementos de aves, animales silvestres y animales domésticos en el sustrato arenoso; aunado a

ello, el flujo de energía térmica entre el aire, la arena y el agua de la playa fue un factor que mantuvo y promovió la contaminación bacteriana en las playas.

4.1.1.2 Nivel nacional

Colombia cuenta con extensas playas en todo el Caribe que sobresalen por su belleza, en las cuales se ha comprobado la presencia de coliformes fecales y el aumento de estos microorganismos con respecto a las épocas de mayor turismo del año y a los periodos más lluviosos (Garay, 2001).

Así mismo, se reporta en el estudio realizado en las playas de Puerto Bolívar (Guajira), el cual ha registrado contaminantes como químicos industriales, plásticos, pesticidas agrícolas, hidrocarburos, aguas residuales domésticas e industriales, que se transportan mediante los ríos y se producen en actividades en el litoral y actividades marinas, produciendo altas concentraciones de coliformes totales y fecales donde el 75% y el 12% respectivamente del agua analizada, sobrepaso el limite permisible (250 UFC/100ml), lo que puede generar un riesgo para la salud de las personas aledañas a estas zonas, este comportamiento explica porque en la época seca, la concentración bacteriana disminuye en la zona costera, debido a que, la mayoría de los ríos que descargan a este litoral disminuyen sus aportes causando un incremento en los factores que limitan su crecimiento como la intensidad lumínica, la posible presencia de sustancias toxicas, efectos antagónicos y competitivos de otros microorganismos (Tous et al., 2007).

Botero et al., (2009) reportan en un estudio realizado en cinco playas del Caribe Colombiano (Rodadero, Bahía Taganga, Bahía Concha, Riohacha y Cabo de la vela), la implementación de un sistema de calidad ambiental, dichos resultados no fueron los más favorables, debido a que ninguna de las playas de estudio obtuvieron una excelente calidad

ambiental, los más bajos indicadores corresponden a Bahía Taganga, Rodadero y Riohacha, dejando mucho que pensar sobre el uso de estas playas para el desarrollo de turísticas.

Con respecto a la variación de las enfermedades entéricas que pueden contraer los usuarios, estas pueden ser específico del sitio y puede depender de las características de cada playa, como son la composición de la arena, tamaño de la partícula, humedad y contenido orgánico, fenómeno de la marea, acción de olas, corrientes y salinidad (Heaney et al., 2009).

En este sentido, el estudio realizado sobre la evaluación de la contaminación de coliformes totales, *E. coli* y *Enterococos* en la Bahía de Tumaco afirman que ciertos parámetros contribuyen a la calidad del agua como la cantidad de oxígeno disuelto, la concentración de nutrientes disponibles para la vida marina, la turbidez, el pH y concentración de materia orgánica; donde la temperatura, salinidad, velocidad y dirección de las corrientes son parámetros que afectan la distribución y el impacto de las sustancias en un cuerpo de agua; teniendo como resultado durante la marea alta un valor promedio de coliformes totales de 220 UFC/100mL y 501 UFC/100mL durante la marea baja; en cuanto a las *E. coli* el mayor valor promedio se registró durante el periodo de marea baja con 578 UFC/100mL y para *Enterococos* se presentó la mayor abundancia en marea baja con 22 UFC/100mL (Casanova et al., 2012).

Algunos de los problemas que presentan estas zonas, son la presencia de animales callejeros y domésticos como perros y gatos parasitados con organismos que pueden ingresar al ser humano por vía dérmica, que depositan sus heces en la arena, y luego de que el excremento se barre por acción de la marea, diversidad de parásitos se filtran directamente en esta matriz, convirtiéndose en un elemento que constituye riesgo de enfermedad para los bañistas (Morales y Esquivia, 2015).

4.1.1.3 Nivel local

La ciénaga de Mallorquín es la única laguna costera que tiene el departamento del Atlántico, se han realizado monitoreos permanentes de sus aguas en diferentes épocas del año, teniendo en cuenta los aspectos físico-químicos y bacteriológicos, haciendo énfasis en la concentración de metales pesados, no solamente en las aguas, sino en los sedimentos y algunas especies importantes de la biota estuarina, esto debido a los estudios realizados en los últimos 20 años, los cuales han identificado la presencia de estos contaminantes; los resultados no son los más favorables con relación a la contaminación microbiológica obteniendo un valor de 2300 – 15000 NMP/100ml para coliformes totales y 2100 – 15000 NMP/100ml para coliformes fecales, alcanzando registros superiores a la norma; siendo perjudiciales en la medida que se presente contacto directo de los pobladores con las aguas; obteniendo una concentración de DBO₅ (20 -80 ml/L) , medio alta, derivada en gran porción de las descargas puntuales y dispersas de aguas residuales de la ciudad de Barranquilla y el corregimiento de La Playa (Pino, 2005).

Con base a lo anterior, los posibles problemas de contaminación que presenta la ciénaga Mallorquín y el río Magdalena, tienen repercusión en la playa de Puerto Mocho, debido a su cercanía, y por condiciones de marea, y dirección del viento; según resultados obtenidos en una investigación en cinco playas de Puerto Colombia-Atlántico se reconoció que si existe una contaminación en la arena de las playas y que de hecho hay una relación con el estado en el que se encuentre el agua, es decir, el mar; con respecto a el riesgo sanitario los gráficos mostraron una tendencia con picos alarmantes que son el resultado de las dos muestras que se tomaron por campaña de monitoreo, por lo que se deja entredicho la existencia de una buena calidad ambiental en cuanto a la arena de las playas objeto de estudio, ya que se demostró la presencia de

organismos patógenos como son los coliformes totales y coliformes fecales (García y Llanos, 2016).

Por otro lado, Según Vieira et al., (2001); Kischner et al., (2004) y Whitman et al., (2004) las condiciones meteorológicas pueden tener influencia en la eliminación de los microorganismos, mediante la radiación solar, primordialmente la luz UV, en combinación con la salinidad es probablemente una de las acciones o mecanismos de mayor poder para inactivar o aniquilar los coliformes fecales y *los estreptococos fecales* en el agua de mar.

En una investigación se demostró que en la ausencia de luz solar, los indicadores fecales sobreviven durante días en muestras de agua de mar, mientras que en presencia de la luz solar, el 90% de los coliformes fecales y los estreptococos fecales se inactivan dentro de 30-90 y 60-180 min (Fujioka et al., 1981), el proceso de inactivación o la muerte de las bacterias fecales por la luz solar en aguas es bastante complejo; sin embargo, las dos principales vías que participan en este proceso son fotobiológicos (daño al ADN) y foto oxidación (oxidación de componentes celulares) (Whitman et al., 2004).

4.2 Marco conceptual

A continuación, se presentan algunos conceptos más relevantes y directamente relacionados con el tema de investigación.

4.2.1 Playa

Es una unidad morfológica definida como la franja de material no consolidado, como arenas o grava, que está presente en la interfase mar continente, el material está compuesto por fragmentos de arena de grano fino a medio, cuya composición y color varían según el origen de los sedimentos (Ceballos, 2003).

Desde el punto de vista socio-económico son los ecosistemas más apreciados por el hombre para vacacionar y con mayor potencial turístico y económico para la sociedad (Moreno y Warner, 2009).

Desde el punto de vista ecológico, la playa conforma un ecosistema marino discreto que contiene productores primarios, consumidores y descomponedores, con límites bien definidos por la misma playa y los sistemas circulatorios de la zona de rompientes; por lo tanto, el ecosistema playa está controlado por el oleaje que remueve y transporta la arena, acumula el *fitoplancton*, bombea el agua y materia orgánica en el sistema intersticial y mueve a los organismos asociados a ella (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente-España, 2007).

A continuación, se describen las partes de la playa en función de las condiciones ecológicas, las cuales son:

- a. **Zona sumergida.** Abarca desde el punto en el cual las olas interactúan por primera vez con el fondo marino y comienzan a romperse; por tanto, es un ambiente totalmente marino, que se encuentra siempre cubierto de agua.
- b. **Zona de rompimiento.** Como el nombre lo indica, abarca desde el punto donde rompe la ola hasta la zona intermareal tierra adentro; está puede contener barras, surcos y canales corrientes, es una zona muy dinámica de importante movimiento de sedimentos y siempre se encuentra cubierta de agua.
- c. **Zona de playa.** Es aquella que se ubica entre el nivel más bajo y más alto de la marea (incluye los niveles debido a tormentas), está sujeta a períodos de desecación superficial, esta zona puede subdividirse en dos más:

- **Playa superior.** Donde ocurre una desecación superficial más intensa y se encuentra la mayor parte de la vegetación de la playa.
- **Playa baja.** Es el lugar donde se da la acumulación de restos de algas y pastos marinos arrojados por el mar, algunas veces pueden germinar y establecerse especies anuales, las aves costeras la utilizan como sitios de alimentación, también es considerada como una de las zonas turísticas con un uso intensivo durante las épocas de esparcimiento (Moreno y Warner, 2009).

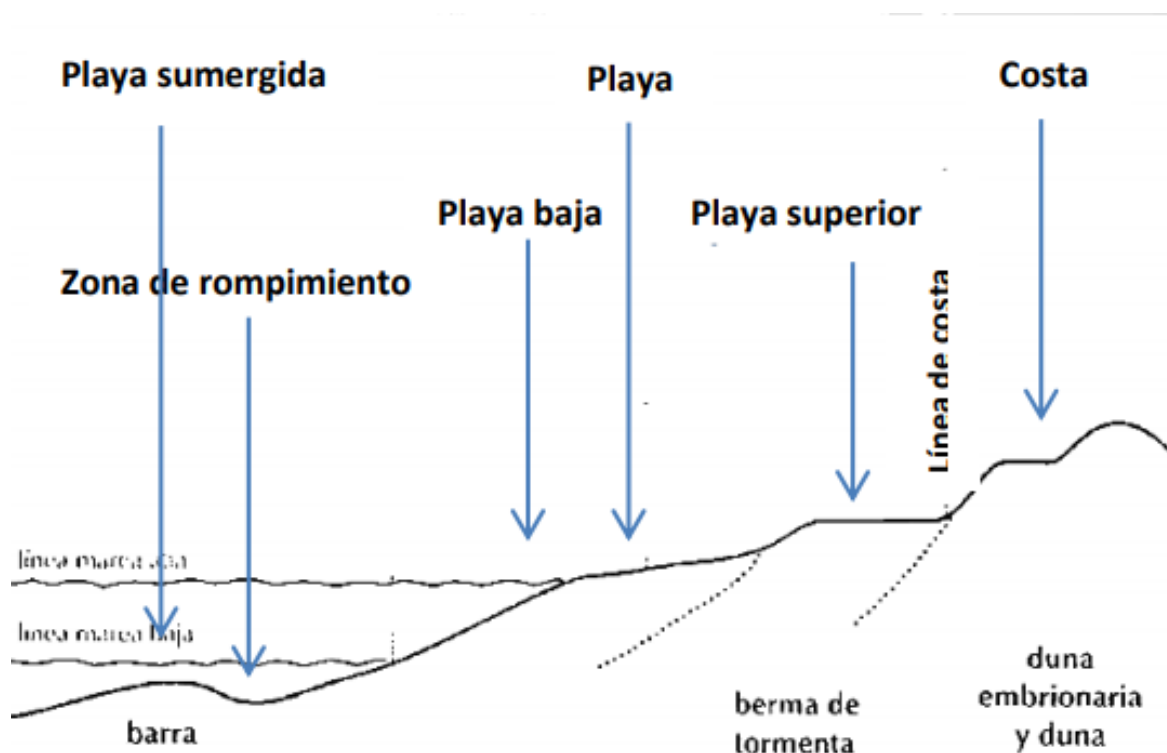


Figura 1. Zonación de la playa en función de las condiciones ecológicas. Recuperado de Moreno y Warner, 2009.

4.2.2 Arena de playa

Es un sedimento que se forma por la erosión de las rocas consolidadas, las playas pueden presentar diferencias importantes en cuanto a las características de la arena; su naturaleza física y química depende en gran parte de la composición de las rocas que la originaron; principalmente está formada de granos aislados de minerales tales como el cuarzo, el carbonato de calcio y minerales menores de materiales calcáreos producidos por organismos marinos tales como conchas, poseen niveles muy bajos de nitrógeno y de otros nutrientes (Moreno y Warner; 2009). En cuanto a la ecología la arena de playa impacta positivamente la calidad biológica del agua vía diversos procesos físicos que pueden remover las bacterias fecales del agua, incluyendo adsorción, coladura y absorción (Zhang et al., 2015).

Tabla 1.

Listado definitivo de parámetros para determinar la calidad ambiental en playas turísticas

ZONA	PARÁMETRO
Playa sumergida	1 Color
	2 Espumas
	3 Grasas y aceites
	4 Oxígeno disuelto
	5 pH
	6 Residuos (basuras en fondo)
	7 Sólidos flotantes
	8 Sólidos suspendidos totales
	9 Transparencia

- 10 Coliformes fecales
- 11 Enterococos
- 12 Granulometría de la arena
- 13 Grasas y aceites
- 14 Residuos sólidos en arena

Playa Emergida 15 Coliformes fecales en arena

- 16 Enterococos en arena

Nota: El listado descrito en la (tabla 1) contiene un total de 16 parámetros ambientales, clasificados según el lugar donde se miden, es decir, la zona sumergida y la zona emergida de la playa, Recuperado de Hurtado; Botero; Herrera, núm. 4, 2009, pp. 42-53

4.2.3 Coliformes totales

Son bacilos Gram negativos que pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*, son considerados anaerobios facultativos, no esporulados, fermentadores de lactosa a 35 °C con producción de gas y ácido láctico de 24 a 48 h de incubación y pueden presentar actividad de la enzima β -galactosidasa, constituyen aproximadamente el 10 % de los microorganismos intestinales de los seres humanos y otros animales; se encuentran en grandes cantidades en el ambiente (fuentes de agua, vegetación y suelos), no están asociados necesariamente con la contaminación fecal y no plantean ni representan necesariamente un riesgo evidente para la salud. Son considerados indicadores de degradación de los cuerpos de agua; en aguas tratadas estas bacterias funcionan como una alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen, indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes (Yoder et al., 2008)

4.2.4 Coliformes fecales

Los coliformes fecales, también denominados coliformes termotolerantes, se caracterizan por soportar temperaturas hasta 45°C; comprende un grupo muy reducido de microorganismos,

entre los que se destaca *Escherichia coli* siendo el más reconocido representante de contaminación de alimentos por origen fecal, por lo tanto es el principal indicador de higiene en los alimentos; *Escherichia coli* se caracteriza por ser una bacteria Gram negativa, capaz de fermentar la lactosa a una temperatura entre 44°C y 44.5°C, es indol positivo, y tiene un origen específicamente fecal, pues está siempre presente en grandes cantidades en las heces de los seres vivos de sangre caliente y rara vez se encuentra en agua o suelo que no haya sufrido algún tipo de contaminación fecal (Ordoñez, 2000).

4.2.5 Temperatura

La temperatura es una propiedad de la materia que está relacionada con la distribución de la energía; cuando dos sistemas, se ponen en contacto, se produce una transferencia de energía, en forma de calor, desde el sistema ‘caliente’ al ‘frío’, esto ocurre hasta que se alcance un equilibrio térmico entre ambos; en este sentido, la temperatura es un indicador de la dirección que toma la energía en su tránsito de unos sistemas a otros (IDEAM, 2014).

4.2.6 Radiación solar

Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas que son emitidas por el sol y que van desde el infrarrojo hasta el ultravioleta, la unidad práctica que describe la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, o unidad de potencia por metro cuadrado (W/m^2). La radiación solar influye directamente en los procesos dinámicos de la atmósfera global, las condiciones climáticas y en procesos biológicos naturales; asimismo en el ámbito agrícola y en los ecosistemas, ella es componente fundamental del balance de energía superficial, determina tasas de evaporación/ evapotranspiración, incidiendo en la disponibilidad de agua en el suelo (Tiba et al., 2004).

4.2.7 Rayos UV (Ultravioletas)

La radiación solar nativa, tiene componentes en todas estas longitudes de onda, pero las distintas capas atmosféricas solo permiten que llegue a la superficie del planeta radiaciones en el rango de rayos ultravioletas A (UVA) 90% Y rayos ultravioletas B (UVB) 10%.

La intensidad de la radiación solar es muy variable y es afectada por la posición del sol, que se relaciona con el momento del día y la época del año, también es afectada por la latitud en la que nos encontramos, la nubosidad presente, la altitud, la concentración del ozono y finalmente por la presencia de elementos reflectantes o absorbentes. La radiación ultravioleta puede afectar a las personas de manera directa desde el sol, pero también puede ser radiación dispersa o reflejada, la radiación dispersa se encuentra asociada a nubes, polvo, contaminación; mientras que la reflejada se asociada al suelo o piso, muros, cerros, cuerpos de agua; estas otras componentes pueden ser muy importantes, ya que por ejemplo la nieve puede reflejar del orden de un 80% de la radiación que recibe, mientras que un césped o prado refleja solo el 10%, la arena seca de la playa un 15% y el mar un 25% (Instituto de salud pública de chile (ISP), 2007).

La cantidad de UVR en la superficie de la tierra está influenciada por la latitud, altitud, altura del sol, cobertura de nubes y reflexión del suelo; a medida que la capa de ozono se agota, el filtro protector proporcionado por la atmosfera se reduce progresivamente; en consecuencia, los seres humanos y el medio ambiente están expuestos a niveles más altos de UVR, en particular niveles más alto de UVB, la cual tiene un mayor impacto en la salud humana, los animales, los organismos marinos y la vida vegetal; los tratados internacionales para proteger la capa de ozono, como el convenio de Viena 1985, y el protocolo de Montreal 1987; han eliminado paulatinamente la producción de sustancias que agota el ozono (OMS, 2013)

4.2.8 pH (Potencial de Hidrógeno)

El pH es una de las propiedades más importantes del suelo, ya que este establece el grado de acidez, neutralidad o alcalinidad que en él se presentan, generalmente se observan suelos ácidos en zonas con alta precipitación, debido a las lixiviaciones de grandes bases intercambiables en los niveles superficiales de los suelos, lo que ocasiona un incremento en el número de iones hidrógeno (H^+); a diferencia de los suelos alcalinos ya que estos se presentan en su mayoría en zonas áridas y semiáridas, por causa del alto grado de saturación de bases (Huerta, 2010).

4.2.9 Salinidad

La salinidad en el suelo como su nombre lo indica, define la presencia de sales solubles, estas sales pueden ser originadas por procesos naturales o antrópicos que de alguna manera conducen a una acumulación de sales (Otero et al., 2007), siendo un influyente en la degradación del suelo, causando por ende una pérdida en la fertilidad del mismo (Solé y Cantón, 2005).

4.3 Marco legal

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), en su anexo D presenta los parámetros permisibles que hacen referencia a la calidad del material constitutivo de la playa (ICONTEC, 2011).

Tabla 2 .

Valores Máximos permisibles para el análisis constitutivo de arena de playa.

Parámetro	Valores
Coliformes fecales	< 100 NMP/10g

Nota: parámetros permisibles de coliformes totales en arena de playa, ICONTEC, 2011.

Capítulo 5

5.1 Diseño Metodológico

5.1.1 Área de estudio

La playa Puerto Mocho localizada entre las coordenadas geográficas N. 11° 03' 51.5" y W. 74° 50' 40.8"; corresponde a la zona comprendida entre la desembocadura del río Magdalena en “Bocas de Cenizas” y Punta Sabanilla, corregimiento de Sabanilla en el municipio de Puerto Colombia, esta playa corresponde originalmente a una costa de depositación subaérea, del tipo deltaico - cusgado, conformado por los aportes fluviales del sistema deltaico del río Magdalena (Restrepo, 2014), esta zona desde la construcción del dique direccional se ha visto afectada en su dinámica ambiental y social con la pérdida de la playa por la destrucción del bosque de manglar al modificarse las condiciones físico-químicas de la ciénega de Mallorquín, el impacto negativo por factores como la construcción de espolones, asentamientos de pescadores y caseteros, que han modificado el paisaje y el ecosistema del área (Gutiérrez et al., 2014).

El área de estudio presenta características meteorológicas como la temperatura la cual se encuentra en un máximo de 31°C y un mínimo de 23°C; presenta precipitaciones en periodos definidos que va del mes de mayo al de octubre, constituyéndose este último el de más índice de pluviosidad; los valores máximos de brillo solar se presentan en los meses de diciembre y enero (CIOH, 2007).



Figura 2 .Ubicación del área de estudio, Recuperado de <https://earth.google.com/web/>

5.2 Tipo de Investigación

La presente investigación es de carácter descriptiva, dado a que está tiene como misión observar y cuantificar la modificación de una o más características en un grupo, sin establecer relaciones entre estas. Es decir, cada característica o variable se analiza de forma autónoma o independiente (Arias, 2006); la descripción va desde un objeto, sujeto o un fenómeno en total o parte del mismo, por tanto las investigaciones descriptivas deben ser nuevas para la ciencia es decir, que en este tipo de investigación se parte del supuesto que la descripción que se va a realizar no ha sido hecha anteriormente (Salinas, 2010).

5.3 Técnica de Investigación

En este trabajo de investigación se utilizó básicamente la técnica de la observación, debido al uso sistemático de nuestros sentidos en la búsqueda de los datos que necesitamos para resolver un problema de investigación confiable (Sabino, 1992); a través de fuentes secundarias, lo que permitió la recolección de antecedentes afines con la temática de la investigación a través de documentos físicos y/o magnéticos proporcionados por fuentes confiables, enseguida se revisó la literatura de investigaciones o procedimientos realizados en el área de estudio, con el fin de brindar un mejor soporte en la recolección de información.

5.4 Fase de campo

Para llevar a cabo la investigación, se ubicó una estación de muestreo con las siguientes coordenadas geográficas N 11° 3' 46,19" y W 74° 50' 40,67"; donde se realizaron siete (7) muestreos durante un periodo continuo de dos (2) meses comprendidos entre junio y julio del año 2017, es decir se ejecutó la toma de muestras una vez a la semana, siendo el domingo el día preferente dado al volumen de personas que acuden a las playas, las muestras fueron recolectadas por horas, comenzando a las 09:00 am y finalizando a las 16:00 pm (Lugo, 2014).

El tipo de muestreo utilizado fue el método de cuarteo manual, el cual consiste en tomar la muestra, colocarla en una superficie plana, homogeneizar todo el material tratando de obtener el mismo espesor y diámetros uniformes, posteriormente a esto se divide la muestra en 4 partes iguales, descartando dos de las partes diagonalmente opuestas y tomando al final un solo cuadro del cuarteo para la muestra (Ramírez, 2003).

Las muestras fueron recolectadas, específicamente en la zona activa (arena) de la playa a una distancia de 1.50 metros de la orilla, a una profundidad de 0 a 2 cm, las cuales fueron tomadas en un mismo punto cada día con el fin de realizar un perfil de comportamiento donde se analizó la tasa de crecimiento de los microorganismos en relación con la radiación solar, los rayos UV y la temperatura (Pinto et al., 2012; Emiliani y Gonzalez, 2005).

Para la toma de la muestra se hizo necesario la utilización de una paleta estéril y bolsa hermética Ziploc anteriormente marcada con la hora del día, dado a que se realizó la recolección de 8 muestras durante una campaña de monitoreo esto con el fin de determinar si hay variaciones significativas a tener en cuenta durante las horas de la mañana hasta la tarde. En el punto muestreado se tomó una cantidad aproximada a un kilogramo (1 kg) suficiente para realizar los diferentes parámetros, posteriormente se preservaron bajo refrigeración en hieleras

aproximadamente a 4°C, hasta ser trasladadas al laboratorio del Centro de Investigaciones Tecnológicas Ambientales (CITA), Lugar donde se analizaron los parámetros físicos (pH y salinidad) y microbiológicos (coliformes totales y fecales) presentes en la muestra de arena de mar (Pinto et al., 2012; Emiliani y Gonzalez, 2005).

5.4.1 Variables In Situ

La única variable que se midió en la zona de estudio fue la incidencia lumínica utilizando un radiómetro referenciado UV513AB (Digital UV AB Light Meter).

5.4.2 Variables Ex Situ

Entre las variables analizadas después de los muestreos se encuentran los parámetros físicos y microbiológicos como pH, salinidad y recuento de coliformes totales y fecales, además se destaca el hecho que las condiciones meteorológicas del área de estudio fueron suministradas por la estación meteorológica Dan's Instruments Vantage Pro 2, ubicada en la Universidad de la Costa.

5.4.3 Análisis de laboratorio

Los análisis que se presentan a continuación fueron realizados en el laboratorio del Centro de Investigaciones Tecnológicas Ambientales (CITA) de la Corporación Universidad de la Costa.

5.4.3.1 Análisis parámetros fisicoquímicos

Se analizaron los parámetros físicos como pH y salinidad según las técnicas recomendadas por los métodos normalizados de American Public Health Association (APHA) – American Water Works Association (AWWA) - Water Environment Federation (WEF) (APHA, AWWA, & WEF, 1995).

5.4.3.2 Análisis parámetros microbiológicos:

A continuación se hace una descripción del análisis de los parámetros microbiológicos (coliformes totales y fecales) en las muestras de arena por medio del método Filtración por Membrana.

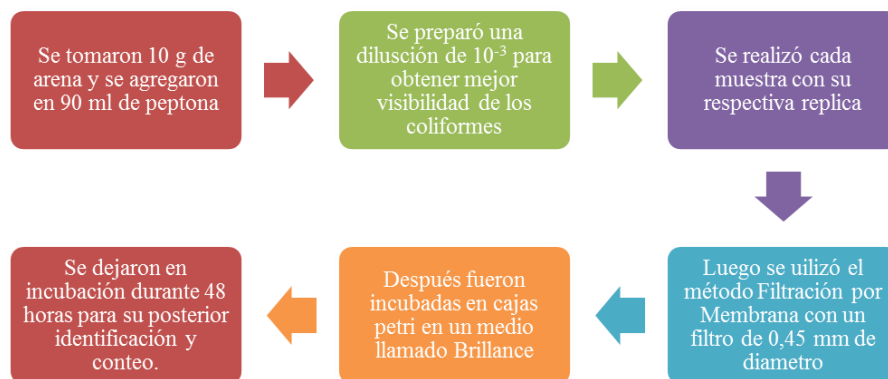


Figura 3. Procedimiento del análisis de los parámetros microbiológicos. Recuperado de: American Public Health Association (APHA) – American Water Works Association (AWWA) - Water Environment Federation (WEF) (APHA, AWWA, & WEF. 1995).

Una de las ventajas del método de filtración a través de membrana es que se puede usar para analizar volúmenes de muestras relativamente grandes y la lectura con que pueden obtenerse los resultados se da en 24 horas, haciendo de este un método ágil, poco dispendioso y altamente reproducible (Palma et al., 1999).

5.5 Análisis de datos

Los datos obtenidos en el presente estudio fueron tabulados en hojas de cálculo de Microsoft Excel 2013; posteriormente se realizó la estadística descriptiva para las variables estudiadas, se utilizó la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin. (KMO) para observar la significancia de los datos, por último se aplicó la correlación de Pearson, utilizando el programa estadístico SPSSV 22.

Capítulo 6.

6.1 Resultados y Discusión

En este apartado se presentan los resultados obtenidos para las variables físico-químicas y microbiológicas.

6.1.1 Variables físico-químicas

En la Tabla 3 se presenta la estadística básica de los rayos UV, la temperatura y la radiación solar, a diferentes horas del día de los 7 muestreos, donde se pudo observar que existe una relación directamente proporcional entre los rayos UV, la temperatura, radiación solar y los coliformes totales y fecales, ya que cuando una se incrementa las demás tienden a tener un comportamiento similar, se pueden tomar como referencia los datos de las horas donde se presentaron los valores máximos y mínimos, como lo es las 12:00pm donde presenta valores máximos de rayos UV (7.9 mw/cm^2); Temperatura (33.7°C), el valor máximo de radiación solar se presentó a las 13:00pm (589.4 w/m^2), mientras a las 9:00am se presentó el valor mínimo de temperatura (28.3°C), y a las 16:00 pm se presentan los valores mínimos de rayos UV (2.2 mw/cm^2), y radiación solar (223.9 w/m^2). En la investigación realizada por Agudelo y Barraza (2014) reportan que la radiación solar presenta la menor variación intrahoraria, mientras que la temperatura presenta la mayor variación a lo largo del día, considerando que los datos reportados en la Tabla 3 de esta investigación coinciden con los datos reportados por estos autores mencionados anteriormente, debido a que la temperatura vario entre 25.6 y 32.1°C y la radiación solar entre 1.0 y 1208.0 w/m^2 en zonas de estudios similares.

Tabla 3.

Estadística básica (promedio, desviación estándar, valores máximos y mínimos) de los rayos UV, temperatura y radiación solar

Hora	Rayos Uv (mw/cm ²)				Temperatura (°C)				Radiación Solar (w/m ²)			
	Mean	SD	Range		Mean	SD	Range		Mean	SD	Range	
			Max	Min			Max	Min			Max	Min
09:00:00	5.0	2.8	6.7	2.8	28.3	4.2	30.7	25.0	356.6	316.0	590.0	165.0
10:00:00	6.7	3.8	9.2	3.1	30.2	3.3	32.0	26.5	537.3	410.8	787.0	260.0
11:00:00	8.9	4.0	10.7	5.1	30.9	3.1	32.6	27.7	516.3	411.6	861.0	306.0
12:00:00	7.9	4.9	10.9	2.9	31.5	2.7	33.7	29.7	657.1	402.6	902.0	395.0
13:00:00	7.8	4.8	10.9	3.3	31.0	2.3	32.5	29.2	533.7	589.4	960.0	174.0
14:00:00	5.9	4.1	8.9	3.0	30.6	1.7	32.0	29.5	572.1	396.6	844.0	283.0
15:00:00	5.3	2.5	6.8	2.7	30.5	2.1	33.0	29.3	367.0	308.9	604.0	129.0
16:00:00	2.2	1.5	3.1	1.0	29.9	1.8	32.0	28.8	223.9	272.5	417.0	73.0

Adicionalmente se presentan en la tabla 4 los datos recolectados correspondiente a las variables pH y salinidad de los 7 muestreos realizados, los cuales fueron tomados como valores de referencia para analizar la tasa de crecimiento de los microorganismos, los datos obtenidos reflejan cambios significativos en diferentes horas del día, iniciando a las 09:00 am donde el pH es de 5.9 y la salinidad de 0.1 luego a las 12:00 pm disminuye el pH a 5.5 y la salinidad aumenta a 0.2 y luego a las 04:00 pm nuevamente aumenta el pH hasta 6.2 y la salinidad disminuye a 0.1; al observar el comportamiento que presentan estas variables y lo concretado por Halliday y Gast, (2011), el cual establece que la temperatura, la salinidad y la luz del sol son tres factores que afectan la supervivencia de los indicadores fecales; sin embargo los *Enterococos* son mas

resistentes a cambios en el ambiente como pH, temperatura, salinidad y presencia de detergentes, mientras que los *E. coli* son mas susceptible a estos factores, a lo que puede atribuirse que posiblemente en las muestras recolectadas no solo se encontró a los *E. coli*, como el único indicador bacteriano, sino que posiblemente también existiera la presencia de otros microorganismos como es el caso de los *Enterococos*; estos resultados indican que *E. coli*, no es el único indicador bacteriano de arena.

Tabla 4.

Estadística básica (Promedio, desviación estándar y máximos y mínimos) de los parámetros físicos, pH y salinidad.

Tiempo	pH				Salinidad (ppt)			
	Mean	SD	Range		Mean	SD	Range	
			Max	Min			Max	Min
9:00:00	5.9	1.6	7.7	4.8	0.1	0.2	0.3	0.0
10:00:00	6.0	1.5	7.8	5.2	0.1	0.2	0.3	0.0
11:00:00	5.9	1.3	7.1	4.8	0.1	0.2	0.3	0.0
12:00:00	5.5	1.4	6.4	4.9	0.2	0.2	0.3	0.0
13:00:00	6.0	1.4	7.2	5.0	0.1	0.2	0.3	0.0
14:00:00	6.1	1.4	7.4	4.9	0.1	0.2	0.3	0.0
15:00:00	6.1	1.3	7.5	5.5	0.1	0.1	0.2	0.0
16:00:00	6.2	1.3	7.4	5.4	0.1	0.2	0.3	0.0

6.1.2 Variables microbiológicas

En la tabla 5 se presentan los valores de unidades formadoras de colonia (UFC) de los coliformes totales y fecales y en la figura 4 se presenta la relacion de los coliformes totales y

fecales con respecto a la radiación solar, rayos UV y temperatura, donde se puede evidenciar la tasa de crecimiento de los microorganismos con respecto a las horas del día, en los resultados obtenidos se puede observar que la menor concentración de coliformes totales y fecales se presentó a las 10:00 am, con valores de 29957.1 UFC/100g y 10185.7 UFC/100g, mientras que la mayor concentración de coliformes totales y fecales se presentó a las 16:00 pm con valores de 75857.1 UFC/100g y 25214.3 UFC/100g, esto se debe a que en las horas de 9:00 am a 10:00 am, la radiación solar, los rayos UV y la temperatura aumentan, causando una disminución en los microorganismo; en las horas de 11:00 am a 02:00 pm, los microorganismos posiblemente tratan de encontrar un punto de equilibrio; debido a los principales factores abióticos que se encuentran presente en el lugar, tales como la variación de la temperatura, inactivación por luz solar, disponibilidad de fuentes de carbono, fluctuaciones de pH, y estrés osmótico debido a los cambios de salinidad en el medio (Zhang et al., 2015), el pH juega un papel muy importante en la reproducción de las bacterias puesto que la mayoría se desarrolla dentro de rangos de 4 a 9 unidades, no obstante el pH óptimo para el crecimiento de las bacterias oscila entre 6.5 y 8.5 (Cañón, et al. 2007).

En la Tabla 4 se puede observar que a las 12:00 pm el pH esta por debajo del que pueden tolerar los microorganismos, quienes posiblemente, se ven influenciados en gran medida por diferentes factores físicos y químicos, como la luz, la temperatura, el pH, la salinidad, las sustancias inorgánicas y orgánicas, influyen directamente en la densidad de la población bacteriana, sin embargo esta influencia no se limita exclusivamente sobre el crecimiento y la tasa de mortalidad sino que también repercute sobre la morfología y la fisiología bacteriana (Tuchkovenko y Rondón, 2002); sin embargo Kannel et al. (2007), establece que el pH afecta de

manera esencial los procesos biológicos y que muchos organismos solo pueden sobrevivir en intervalos específicos de pH.

Adicionalmente en las horas de 3:00 a 4:00 pm se evidencia una relación inversamente proporcional entre los valores de los microorganismo con la radiación solar, rayos UV y temperatura, posiblemente esto se presenta porque es el tiempo en que los rayos solares descenden causando un aumento en los microorganismos, mientras que en horas de la mañana los rayos solares ascienden causando una disminución en los microorganismos; los resultados obtenidos coinciden en cierta forma con lo reportados por Fujioka et al. (1981) y Figueroa (2007) quienes afirmaron que los indicadores de contaminación fecal se inactivan ante la presencia de la luz solar; y que la insolación afecta de manera negativa el crecimiento de los coliformes totales y fecales, por lo que se ve afectado la capacidad de supervivencia y multiplicación de las bacterias, además Halliday y Gast, (2011), establecen que los *E. Coli* son más susceptibles a la desecación y la radiación solar, así mismo Sabino et al., (2011) indica que las disminución de los indicadores fecales se relacionó por el aumento en la duración e intensidad de la radiación solar.

Según el estudio realizado en Portugal, por Pereira et al., (2013), el cual estableció los valores máximos permisibles de coliformes totales y fecales en arena de playa, clasificando las playas de la siguiente manera, menores de 100 UFC/g de mala calidad y menores de 5 UFC/g calidad promedio en cuanto a coliformes totales, y en coliformes fecales se estableció menores de 20 UFC/g mala calidad y menores de 1 UFC/g calidad promedio, comparando estos resultados con los obtenidos en la presente investigación se puede establecer que los valores se encuentran por encima de los valores permisibles, por lo que es posible calificar la zona de estudio con una mala calidad, posiblemente afectando de manera negativa la playa y la salud de los bañistas, los cuales pasan más tiempo en contacto con la arena que con el agua.

Tabla 5.

Estadística básica (Promedio, desviación estándar y máximos y mínimos) de los parámetros microbiológicos coliformes totales y fecales.

Tiempo	Coliformes Totales				Coliformes Fecales			
	Mean	SD	Range		Mean	SD	Range	
			Max	Min			Max	Min
09:00	54292.9	69463.8	112000	11000	23942.9	38535.7	55000	2500
10:00	29957.1	44199.4	70000	6000	10185.7	13497.6	21000	1500
11:00	46957.1	64431.7	116500	18200	15957.1	36219.7	61000	2500
12:00	45200.0	74142.1	64000	5500	12442.9	21207.0	36000	4000
13:00	38807.1	48330.5	73500	14000	14807.1	23338.9	38500	1000
14:00	44557.1	46284.7	96500	20900	14214.3	28089.6	46500	2000
15:00	66642.9	64106.6	137000	29000	10214.3	11008.0	21000	1500
16:00	75857.1	114480.9	168000	8000	25214.3	59590.4	99000	2500

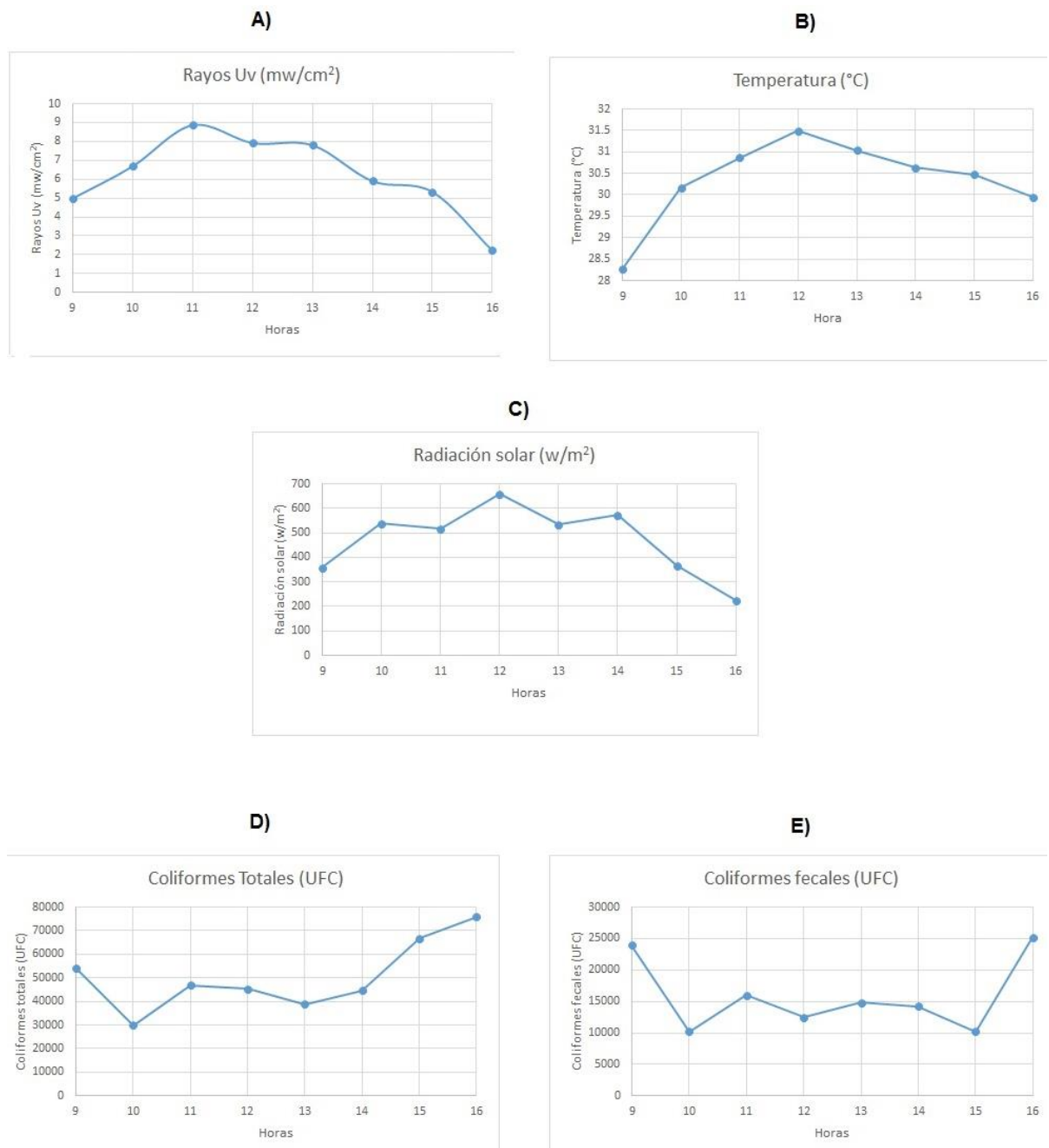


Figura 4. Valores de unidades formadoras de colonia (UFC) de los coliformes totales y fecales, con respecto a la radiación solar, rayos UV y temperatura, Fuente: Autor

Nota: A): Radiación ultravioleta (uv) vs tiempo; B): temperatura vs tiempo; C): radiación solar vs tiempo; D): coliformes totales vs tiempo; E): coliformes fecales vs tiempo.

Por otra parte, a los datos obtenidos previamente se les aplico el test de normalidad de KMO, obteniendo un valor de 0,686, coeficiente que está por encima de 0,5 que es el más apropiado para este tipo de análisis; posteriormente se aplicó una prueba de correlación de Pearson para relacionar los coliformes totales y fecales con los rayos UV, radiación solar y temperatura, el cual es una medida de la relación que se establece entre dos o más variables; el coeficiente de correlación puede tener un rango de entre - 1.00 a + 1.00, el valor de - 1 representa un correlación negativa, mientras que un valor de + 1 representa una correlación positiva perfecta y un valor de 0.00 representa una ausencia de correlación; los resultados se presentan en la tabla 6.

Tabla 6.

Matriz de correlación de los coliformes totales y fecales, con respecto a la radiación solar, rayos UV y temperatura

Correlación de Pearson

	Temperatura ambiente	Radiación solar	Rayos UV	Coliformes fecales	Coliformes totales
Temperatura ambiente	1	0.3	0.3	0.3	0.2
Radiación solar	0.3	1	0.5	-0.2	-0.2
Rayos UV	0.3	0.5	1	-0.0	-0.1
Coliformes fecales	0.3	-0.2	-0.0	1	0.5
Coliformes totales	0.2	-0.2	-0.1	0.5	1

En la tabla anterior se muestra la matriz de correlaciones donde se puede observar que no existe una correlación significativa entre los microorganismos y los rayos UV, radiación solar y temperatura; sin embargo presenta una correlación moderada (0.5) entre los coliformes totales y fecales, de igual forma presenta una concentración moderada entre la radiación solar y rayos UV.

Teniendo en cuenta la poca correlación de este estudio coincide con lo reportado por Figueroa (2007), quienes al no registrar correlaciones entre los coliformes con los rayos UV, afirman que hay otra serie de factores físico-químicos que también pueden influir en estos análisis como son la salinidad, el pH, la presencia de sustancias tóxicas y el asentamiento humano

Por otra parte, la contaminación en la playa de Puerto Mocho, no solamente se da por uso recreativo, está se encuentra en el centro de dos fuentes hídricas, el río Magdalena y la ciénaga de Mallorquín, en las cuales continuamente vierten grandes cantidades de líquidos y sólidos, industriales, domésticos y comerciales; la cuenca del Magdalena, es una de las principales cuencas del país, la cual comprende una quinta parte del Departamento del Atlántico; su desarrollo está estrechamente relacionado con los aportes que genera el río Magdalena a su ecosistema y su funcionamiento; de igual manera los aportes que generan, no han sido completamente beneficiosos, ya que la intervención del hombre, junto con el uso inadecuado de los recursos naturales que se encuentran en la zona, han generado problemas de contaminación al medio ambiente; los cuales son generados por los centros urbanos (Figueroa et al., 2015).

En cuanto a la normativa colombiana no se cuenta con leyes que rijan esta temática de la playa y las autoridades solo se limitan a monitorear el agua sin contemplar el problema emergente que hay en la arena, debido a que este grupo de bacterias pueden representar un riesgo para la salud pública, ya que pueden ser capaces de generar infecciones oportunistas en el

tracto respiratorio superior o inferior, bacteremia, infecciones de piel y tejidos blandos, enfermedad diarreica aguda y otras enfermedades severas en el ser humano (Arcos et al., 2005), de igual forma se pueden contraer enfermedad gastrointestinales y gastroenteritis mediante actividades de natación según (Velonakis et al., 2014 y Sheridan, 2015).

Capítulo 7

7.1 Conclusiones

La mayor concentración de coliformes totales se obtuvo en las horas de la mañana con un valor de 29957.14 UFC y los coliformes fecales con un valor de 10185.71 UFC cuando los rayos del sol son moderados; y el mayor número de coliformes totales se obtuvo en las horas de la tarde cuando los rayos solares se están ocultando, con concentraciones de 75857.14 UFC y los coliformes fecales en 25214.28 UFC, considerando que la radiación solar, los rayos UV, coliformes totales y fecales, tienen un comportamiento inversamente proporcional, mientras que con la temperatura tienen un comportamiento directamente proporcional, es decir que cuando la temperatura aumenta los microorganismos aumentan; esto es debido a que existen coliformes termotolerantes que resisten temperaturas superiores de 44-45 °C; como es el caso de la *Escherichia coli*.

Los factores como el pH y la salinidad posiblemente pueden incidir de manera negativa en el crecimiento de las bacterias, debido a que el pH óptimo que toleran las bacterias oscila entre 6.5 y 8.5 y el pH obtenido en la zona de estudio, osciló entre los 5.5 y 6.2, lo que quiere decir que un aumento en el pH puede ocasionar una alteración en su funcionamiento y viabilidad.

En cuanto a la tasa de crecimiento de los coliformes totales y fecales con respecto a la radiación solar, los rayos UV y la temperatura, no se encontró una correlación significativa entre ellos, sin embargo se encontró una correlación moderada (0.5) entre los coliformes totales y fecales, de igual forma se presenta una correlación moderada entre la radiación solar y rayos UV.

Capítulo 8

8.1 Recomendaciones

Teniendo en cuenta los resultados de la actual investigación y los focos de contaminación que intervienen en la zona de estudio, se establecen las siguientes recomendaciones.

- Desarrollar planes de monitoreo frecuentes tanto en el agua como en la arena, que permita tener reportes continuos sobre la calidad sanitaria de la playa, para facilitar la implementación de medidas preventivas y correctivas frente a la problemática ambiental.
- Establecer variables o parámetros que regulen o implementen los valores permisibles en la normativa ambiental colombiana que permitan evaluar profundamente la contaminación en la arena de la playa. Teniendo en cuenta que en Colombia no existe una normativa enfocada en la calidad microbiológica de las arenas en playas turísticas que permitan respaldar la aplicación de este tipo de investigaciones, se recomienda ampliar el marco normativo en esta área fundamentado en los estudios anteriores realizados a nivel nacional como internacional.
- Realizar campañas de depuración de microorganismos en la arena de playa, por medio de procedimientos convencionales como es el método depurador Prat.
- Establecer estaciones meteorológicas en las zonas turísticas o activar las existentes que no se encuentren en funcionamiento, los cuales faciliten la obtención de datos confiables al momento de realizar cualquier estudio.
- Realizar investigaciones donde se evalúen los aportes que genera el río Magdalena y demás fuentes hídricas a la playa Puerto Mocho, permitiendo implementar programas

de acción, revisión y control periódicamente donde se lleve a cabo la conservación de los recursos.

- Realizar campañas ambientales, con ayuda de la Alcaldía u entes gubernamentales donde se involucre a las poblaciones aledañas y turistas, con el fin de contribuir con el cuidado del medio ambiente.

Referencias

- Antón, M., Serrano, A., Cancillo, M. L., & García, J. (2008). *Relationship between erythemal irradiance and total solar irradiance in South Western Spain*. Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984–2012), 113(D14).
- American Public Health Association (APHA) – American Water Works Association (AWWA) - Water Environment Federation (WEF) (APHA, AWWA, & WEF. (1995). Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, D. C.: American Public Health Association, American Water Works Associations y Water Environment Federation.
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación*. Recuperado de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=y_743ktfK2sC&oi=fnd&pg=PA11&dq=Seg%C3%BAn+Hurtado+\(2012\),+la+investigaci%C3%B3n+descriptiva+tiene+como+objetivo+la+descripci%C3%B3n+precisa+del+evento+de+estudio.+Este+tipo+de+investigaci%C3%B3n+se+asocia+al+diagn%C3%B3stico.+En+la+investigaci%C3%B3n+descriptiva+el+prop%C3%B3sito+es+exponer+el+evento+estudiado,+ha&ots=sFpqDGV6Nm&sig=hDnDt-sAZnGhY92NMtPAC00rxdU#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=y_743ktfK2sC&oi=fnd&pg=PA11&dq=Seg%C3%BAn+Hurtado+(2012),+la+investigaci%C3%B3n+descriptiva+tiene+como+objetivo+la+descripci%C3%B3n+precisa+del+evento+de+estudio.+Este+tipo+de+investigaci%C3%B3n+se+asocia+al+diagn%C3%B3stico.+En+la+investigaci%C3%B3n+descriptiva+el+prop%C3%B3sito+es+exponer+el+evento+estudiado,+ha&ots=sFpqDGV6Nm&sig=hDnDt-sAZnGhY92NMtPAC00rxdU#v=onepage&q&f=false)
- Arcos, M., Ávila, S., Estupiñán, S. y Gómez, A. (2005). *Indicadores microbiológicos de las fuentes de agua*. Nova Publicación Científica. 3(4): 1794-2470.
- Arreguín, F. y Mejía, E. (2010). *Programa Playas Limpias en México, un enfoque integral*. Revista Digital Tlaloc, 47, 1-21.

- Barraza, W; Agudelo, D. (2014) *Diseño de un modelo estadístico de estimación de la radiación solar con parámetros meteorológicos alternativos para el distrito de Barranquilla*. (Tesis de pregrado). Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia.
- Bonilla TD, K Nowosielski, M Cuveiler, A Hartz, M Green, N Esiobu, DS McCorquodale, J, Fleisher & A Rogerson. (2007). *Prevalence and distribution of fecal indicator organisms in South Florida beach sand and preliminary assessment of health effects associated with beach sand exposure*. Marine Pollution Bulletin 54: 1472-1482.
- Botero, C., Pereira, C., Cervantes, O., (2013). *Estudios de calidad ambiental de playas en Latinoamérica: revisión de los principales parámetros y metodologías utilizadas*. Investigación Ambiental y Ciencia Política Vol. 5, núm. 2. Recuperado de <http://www.revista.inecc.gob.mx/article/view/169#.W1YpONIzbIU>
- Cañón M, Quintana-Saavedra D., Tous G., Llamas J.(2001) *Presencia de organismos exógenos y patógenos en aguas de lastre de buques de tráfico internacional*. Informe final. Fase IV/V. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas CIOH .
- Casanova, R.; Zambrano, M.; Vinasco, E.; Rodríguez, D.; Escobar G. (2012). *Panorama de la contaminación marina del pacifico colombiano 2005-2010*. Dirección General Marítima- Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del pacific. Ed. Dimar. Serie Publicaciones Especiales Vol. 7, San Andrés de Tumaco, Colombia. 158 pp.
- Ceballos, C. (2003). *Estado de las playas en Colombia*. Instituto de Estudios Ambientales Marino Costeros de Colombia. Programa de Biodiversidad y Ecosistemas Marinos-BEM. Colombia. 127 pp.

- CIOH (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas). (2010). Climatología de los principales puertos del caribe colombiano. Recuperado de <https://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/ResumenBarranquilla4.php>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), (2017). *Playas de arena y rocosas. Biodiversidad Mexicana*, Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/playas.html>
- Condé, C., Pogreba, K., Verhougstraete, M., Zanolli, M., Bruni, A., Wade, T. & Eisenberg, J. (2015). *Are fecal indicator bacteria appropriate measures of recreational water risks in the tropics: A cohort study of beach goers in Brazil?*. Water Research. 87: 59-68.
- Craig D, J Fallowfield & N Cromar. (2002). *Enumeration of faecal coliforms from recreational coastal sites: evaluation of techniques for the separation*. Journal of Applied Microbiology 93: 557-565.
- Craig D, J Fallowfield & N Cromar. (2004). *Use of macrocosms to determine persistence of Escherichia coli in recreational coastal water and sediment and validation with in situ measurements*. Journal of Applied Microbiology 96: 922- 930.
- Emiliani, F; González, S. (2005). *Caracterización preliminar de la Calidad Microbiológica de la Arena en las playas*. Natura Neotropicalis, 1(36), 85-88.
- Elmir, E., Wright, A., Abdelzaher, H., Solo-Gabriele, L., Fleming, G., Miller, M., Rybolowik, M., Shih, P., Pillai, J., Copoer, E. & Quaye, A. (2007). *Quantitative evaluation of bacteria released by bathers in marine water*. Water Research 41: 3-10.
- Edge TA & S Hill. (2007). *Multiple lines of evidence to identify the source of fecal pollution at a freshwater beach in Hamilton Harbour, Lake Ontario*. Water Research 41: 3585-3594.

- Figueroa, B. (2007). *Contaminación de origen fecal en el corredor costero Barra de Tonameca-Bahía de Puerto Ángel-La Mina. Oaxaca, México*. Universidad del Mar. Oaxaca, México. 14 pp.
- Figueroa, K., Garzón, F., Iglesias, L., Peña, M., Salazar, K. (2015). *Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica del río magdalena*. ResearchGate. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Victoria_Pena/publication/312938651_plan_de_ordenamiento_y_manejo_de_la_cuenca_hidrografica_del_rio_magdalena/links/588a4f96a6fddc225a328502/plan-de-ordenamiento-y-manejo-de-la-cuenca-hidrografica-del-rio-magdalena.pdf
- Fujioka, R., Hashimoto, H., Siwak, E. & Young, R. (1981). *Effect of sunlight on survival of indicator bacteria in seawater*. Applied Environmental Microbiology 41: 690-696.
- Flores, M., Flores, A. & Ríos, M. (2011). *Calidad Bacteriológica de las playas de la bahía de Acapulco, Guerrero*. Universidad de Colima, Universidad Autónoma Metropolitana y Centro de Estudios Tecnológicos de Mar. Acapulco, México. 80: 5-11.
- Frain-Bell, W. (1977) *Solar radiation: short and long term effects*. Practitioner 219: 188- 192.
- Garay, J., Marín, B., y Vélez, A. (2001). *Contaminación Marino – Costera en Colombia*. Chapter in: INVEMAR. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: año, 40-87.
- García, L. y Llanos, A. (2016). *Evaluación De La Calidad De La Arena De Las Playas De Sabanilla, Miramar, Country, Salgar, Y Pradomar; Pertenecientes Al Municipio De Puerto Colombia, Atlántico*. (Tesis de pregrado). Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia.

- Garrido, D. (2017) *Evaluación microbiológica de la arena y el agua de las playas turísticas “huequito” y “quizandal” (mun. puerto cabello, edo. carabobo) como herramienta indicadora de la calidad ambiental*. Tesis de pregrado, Universidad de Carabobo, Venezuela.
- Gonzalez, S. y Emiliani, F. 2005. *Caracterización preliminar de la calidad microbiológica de la arena en las playas*. *Naturaa Neotropicalis* 36: 81-84. Recuperado de <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/ojs/index.php/Natura/article/view/3827/5797>
- Gómez, S. (2012). *Metodología de la investigación*. Recuperado de http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia_de_la_investigacion.pdf
- Guerrero de Abreu, G., Marlinet, A., Quiñones, M., Sequera, E., Franco, M., y Luis, J. (2014). *Parásitos patógenos en arena de playa y su relación con condiciones ambientales, en un balneario de Puerto Cabello, Venezuela*. 2012-2013. *Boletín de Malariología y salud Ambiental*, 54(2), 150-158.
- Gutiérrez, L., Bolívar, N., Borja, R. (2014). *Componente socioterritorial de la unidad ambiental costera (UAC) del río Magdalena, complejo canal del dique – sistema lagunar de la Ciénaga grande de Santa Marta*. Recuperado de <http://geonodesiam.invemar.org.co/documents/4025/download>
- Halliday, E., y Gast, R. (2011). *Bacteria in beach sands: an emerging challenge in protecting coastal water quality and bather health*. *Environ Sci Technol* 2011;45:370–9
- Heaney, C., Sams, S., Wing, S., Marshall, H., Brenner, A., Dufour, P & Wade, T. (2009). *Contact with beach sand among beachgoers and risk of illness*. *American Journal of Epidemiology* 170: 164-172.

- Huerta, H. (2010). *Determinación de propiedades físicas y químicas de suelos con mercurio en la región de San Joaquín, Qro, y su relación con el crecimiento microbiano.*
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2014). *Escenarios del cambio climático.* Clima y Tiempo. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/>
- ICONTEC. (2011). *Norma Técnica Sectorial Colombiana NTS-TS 001-2. Destinos Turísticos de Playa. Anexo D.*
- Instituto de salud pública de chile (ISP). (2007). *Exposición laboral a la radiación ultravioleta de origen solar.* Recuperado de http://www.ispch.cl/salud_ocup/hig_seg/rad_ionizantes/doc/Radiacion.pdf
- Kannel, P., Lee, S., Soo Lee, Y., Kanel, R., Khan, S. (2007). Application of water quality indices and dissolved oxygen as indicators for river water classification and urban impact assessment. *Environ Monit Assess* 132(1-3):93- 110.
- Kirschner, A., Zechmeister, T., Kavka, G., Beiwl, C., Herzig, A., Mach, R. & Farnleitner, A. (2004). *Integral strategy for evaluation of fecal performance in bird - influenced saline inland waters.* *Applied and Environmental Microbiology* 70: 7396-7403.
- Kite-Powell, H., Fleming, L., Backer, L., Faustman, E., Hoagland, P., Tsuchiya, A., Younglove, L., Wilcox, B. & Gast, R. (2008). *Linking the oceans to public health: current efforts and future directions.* *Environmental Health*, 7(2), 1-15.
- Martínez, P. (2010). *Energía solar térmica: técnicas para su aprovechamiento* (Vol. 4). Marcombo.
- Kramarska, R., Uscinowicz, S., Zachowicz, J., Przedziecki, P., Warzocha, J., Netzel, J. & Janusz, J. (2003). *Identification of submarine deposit drifts to artificial swelling*, 55 pp.

- Department of Marine in islupia(in Polish)*. National Geological Institute, Department of Marine Geology, Gdansk.
- Lugo, A. (2014). *Relación espacio temporal de la calidad microbiológica de arena de contacto primario con el régimen de pluviosidad, en las playas turísticas: el rodadero y playa blanca (Santa Marta)*. Tesis de pregrado. Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.
- Mejía, E. (2008). *Contaminación en playas causales y soluciones*. Comisión Nacional del Agua. México D.F, México. 4 pp.
- Micallef, A. y Williams, A. (2002). *Theoretical strategy considerations for beach management*. *Ocean and Coastal Management*, 45: 291-275.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2007). Manual de dunas costeras. Recuperado de http://www.magrama.gob.es/es/costas/publicaciones/cap02_procesos_fisicos_tcm7198450.pdf
- Morales, A., Esquivia, M., & Tirado, I. (2015). *Contaminación de Playas Turísticas de la Ciudad de Cartagena de Indias con Parasitos de Importancia Sanitaria 2012 -2014*. Tesis de maestría. Universidad de San Buenaventura, Cartagena de Indias, Colombia.
- Moreno, P. y Warner, B. (2009). *Breviario para describir, observar y manejar humedales*. Xalapa, México. Serie Costa Sustentable N°1.
- Mudryk Z. & Podgórska B. (2007). *Culturable microorganisms in sandy beaches in South Baltic sea*. Polish Journal of Ecology. Recuperado de <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BGPK-1772-6499>

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2013). *Guidelines for safe recreational water environments. World Health Organization*. Vol. 1; Cap. 3. Recuperado de <http://www.who.int/en/>
- Ordóñez, J. (2000). *Microorganismos de los alimentos*. Volumen 1, segunda edición. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
- Otero, L., Francisco, A. G., Morales, R., Inalvis, S., Labaut, M., Vento, M., Rivero, L. (2007). *Caracterización y Evaluación de la Salinidad*. Instituto de Suelos, Cuba, 1-9.
- Palma, R; Ortiz, J; Garnica, E; López, L; Peñaranda, S; Raad, J. (1999). *Análisis de agua para consumo humano*. Instituto Nacional de Salud. Santa Fe de Bogotá, D.C
- Pino, J. (2005). *Síntesis de la situación actual de la Ciénega de Mallorquín con énfasis en la contaminación*. Recuperado de: <http://www.crautonomia.gov.co/documentos/mallorquin/aprestamiento/contaminacion.pdf>
- Pinto, K., Hachich, E., Sato, M., Di-bari, M., Coelho, M., Matté, M., Lamparelli, C., Razzolini, M. (2012). *Microbiological quality assessment of sand water from three selected beaches of south coast, Sao Paulo, state, Brazil*. Water Science & Technology.(66.11), P. 2475-2482.
- Podgórska, B., Mudryk, Z. & Skórczewski, P. (2008) . *Abundance and production of bacteria in a marine beach (southern Baltic Sea)*. Polish Journal of Ecology 56: 405-414.
- Ramírez, M. (2003). *Reducción de muestras por el método de cuartero*. Recuperado de https://kipdf.com/el-cuarterador-debe-estar-equipado-con-dos-receptaculos-para-recibir-las-dos-mita_5ab449f91723dd429c759ff3.html
- Restrepo, C. (2014). *Componente Geológico y Geomorfológico de la Unidad Ambiental Costera (Uac) del Río Magdalena, para la Formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la*

- UAC de la Franja Litoral del Departamento del Atlántico. C.R.A. (Corporación Autónoma Regional del Atlántico). Pps. 48 y 49*
- Rubio, D. (2005). *Gestión Integral de Playas. Agencia Valenciana de turismo*, Editorial Síntesis, Madrid. 203 pp.
- Rudolph, B., Gebendorfer M., Buchner, J., & Winter, J. (2010). *Evolution of Escherichia coli for growth at high temperatures*. Journal of Biological Chemistry, 285(25), 19029-19034.
- Sabino (1992), *Políticas Públicas en salud y su impacto en el seguro popular en Culiacán*, (Versión electrónica). Sinaloa, México, Eumed.net, http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/tecnicas_instrumentos.html
- Sabino, R., Veríssimo, C., Cunha, M., Wergikoski, B., Ferreira, F., Rodrigues, R., (2011). Pathogenic fungi: an unacknowledged risk at coastal resorts? New insights on microbiological sand quality in Portugal. Mar Pollut Bull 62:1506–11.
- Salinas, P. (2010). *Metodología de la investigación científica*. Recuperado de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41286431/metodologia_investigacionpara_definir_parte_del_capitulo_3.pdf?awsaccesskeyid=akiaiwowyygz2y53ul3a&expires=1531008082&Signature=Gsuc8xnaXqxWqrlDe2ly%2F6ueO2U%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DMetodologia_investigacion.pdf
- Sato, M., Bari, M., Lamparelli, C., Truzzi, A., Coelho, M. & Hachich, M. (2005). *Sanitary quality of sands from marine recreational beaches of São Paulo Brazil*. Brazilian Journal of Microbiology 23: 321-326.
- Silva, N. (2011). *Estudio comparativo de agua de mar en las playas de Acapulco*. Tesis para obtener el grado de Maestría en Tecnología Avanzada ante el Instituto Politécnico Nacional. Querétaro, México. 88 pp.

Solé, A., y Cantón, Y. (2005). *Mejora de suelos salinos y control de la erosión en zonas áridas*.

Sheridan, H. (2015). *Beach monitoring and forecasting technologies*. U.S Geological Survey.

Disponible en: http://www.usgs.gov/solutions/docs/Beaches_USGS_factsh.pdf

Consultada online: 03/03/2015.

Skórczewski, P., Zbigniew, M., Gackowsha, J., Perlinsky, P. (2012). *Abundance and distribution of fecal indicator bacteria in recreational beach sand in the southern Baltic Sea*. Biología Marina y Oceanografía. (47), P. 503 - 512.

Stewart, J., Gast, R., Fujioka, R., Solo-Gabriele, R., Meschke, J., Amaral-Zettker, L., Castillo, E., Polz, E., Collier, E., Strom, M., Singigalliano, D., Moeller, P. & Holland, A. (2008) . *The coastal environment and human health: microbial indicators, pathogens, sentinels and reservoirs*. Environmental Health 7: 1-14.

Tiba, C., Fraidenraich, N., Grossi, H., Gallegos, F. (2004) Lyra. *Brazilian Solar Resource Atlas CDRom*. Renewable Energy, v. 29, pp. 991-1001

Tous, G., Casre, I., Cañon, M., Quintana, D., Torres, R. (2007). *Panorama de la contaminación del Caribe Colombiano*. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) y Dirección General Marítima (DIMAR) . Cap. IV; P. 61, 81 – 83.

Tuchkovenko, Y., y Rondón, S.(2002). *Estudio del comportamiento de la contaminación de la bahía de Cartagena*. Boletín Científico del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Octubre;(20) 56-67.

United Nations Environment Programme-Global Environment Monitoring Systems

(UNEPGEMS) Water Programme. (2008). *Water quality for ecosystem and human health*, 2nd edition. Canada: UNEP.

Universidad Nacional Autónoma de Honduras. (2015). Disponible en:

http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD_Agua/pdf/spa/doc14617/doc14617-5.pdf

Consultada online: 01-06-2018

Velonakis, E., Dimitriadi, D., Papadogiannakis, E. & Vatopoulos, A. (2014). Present status of effect of microorganisms from sand beach on public health. *Journal of Coastal Life Medicine*. 2(9): 746-756.

Vergaray, G., Méndez, C., Morante, H., Gamboa, R., Fernández, F. (2011). *Calidad microbiana del agua de playas de Lima y su relación con focos de contaminación*. Rev del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM.;14(27):73-9. Recuperado de http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2803/1/Contaminaci%C3%B3n%20de%20playas%20tur%C3%ADsticas_Marina%20Morales_USBCTG_2015.pdf

Vieira, R., Rodrigues, D., Menezes, E., Evangelista, N., Reis, E., Barreto, M. & Goncalves, F. (2001). *Microbial contamination of sand from major beaches in Fortaleza Ceara State, Brazil*. Brazilian Journal of Microbiology 32:77-80.

Wheeler-Alm, W., Burke, J., & Spain, A. (2003). *Fecal indicator bacteria are abundant in wet sand at freshwater beaches*. Water Research 37: 3978-3982

Whitman, L. Nevers, M., Korinek, G. & Byappanahalli, N. (2004). *Solar and temporal effects of Escherichia coli concentration at a Lake Michigan swimming beach*. Applied and Environmental Microbiology 70: 4276-4285.

Yoder, J., Roberts, V., Craun, G., Hill, V., Hicks, L., Alexander, N., Radke, V., Calderon, R., Hlavsa, M., Beach, M., & Roy, S. (2008); *Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with drinking water and water not intended for drinking - United States, 2005- 2006*. MMWR Surveill Summ. 57(9):1-29.

Zanoli, M., Di Bari, M., Condé, C., Truzzi, A., Coelho, M., & Hachich, E. (2005). *Sanitary quality of sands from marine recreational beaches of São Paulo, Brazil*. Scielo.

Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-83822005000400003

Zielinski, S., y Botero Salterén, C. M. (2012). *Guía básica para certificación de playas turísticas*. Recuperado de

https://www.researchgate.net/profile/Seweryn_Zielinski/publication/275644628_Guia_basica_para_certificacion_de_playas_turisticas_Simple_guide_to_tourist_beach_certification/links/5541c9b00cf2718618dcb97a/Guia-basica-para-certificacion-de-playas-turisticas-Simple-guide-to-tourist-beach-certification.pdf

Zhang, Q., Xia, H., & Tao, Y. (2015). *Differential Decay of Wastewater Bacteria and Change of Microbial Communities in Beach Sand and Seawater Microcosms*. Environmental Science & Technology. 49, 8531–8540.

Zhan, Q., Xia, H. & Tao, Y. (2015). *Impact of indigenous microbiota of subtidal sand on fecal indicator bacteria decay in beach systems: a microcosm study*. Environmental Science Water Research & Technology. 1: 306-315.

Anexos

DATOS										
RESPONSABLES			MUESTRAS EN CAMPO				MUESTRAS EN EL LABORATORIO			
<i>Sonia Carolina González López Y Katrin Yelena Pinto Acosta</i>			DATOS METEOROLOGICOS				DATOS MICROBIOLÓGICOS			
Campaña	Fecha	Muestra	Hora	Rayos UV (mw/cm ²)	Temperatura (°C)	Radiación Solar	pH	Salinidad (ppt)	Coliformes Totales (UFC/100g)	Coliformes Fecales (UFC/100g)
1	Domingo 11 de junio de 2017	1	9:00 AM	3,96	25	218	5,78	0,3	72000	48000
		2	10:00 AM	9,17	30	260	5,97	0,3	61000	21000
		3	11:00 AM	10,29	31	312	6,02	0,3	76500	61000
		4	12:00 AM	10,5	32	395	6,06	0,3	64000	36000
		5	1:00 PM	10,18	32	246	6,3	0,3	57500	19000
		6	2:00 PM	8,86	32	405	6,11	0,3	96500	46500
		7	3:00 PM	6,67	33	330	6,02	0,1	67500	15000
		8	4:00 PM	2,6	32	83	6,18	0,3	54000	4000
2	Miércoles 14 de junio de 2017	1	9:00 AM	6,34	30,2	588	6,24	0,1	86500	35500
		2	10:00 AM	7,56	31,9	787	6,3	0	70000	19000
		3	11:00 AM	10,7	32,4	306	6,44	0	38500	16500
		4	12:00 AM	9,76	33,7	883	6,35	0	5500	4000
		5	1:00 PM	3,3	31,8	174	6,17	0,1	71000	38500
		6	2:00 PM	2,97	31,6	709	6,15	0,1	42500	12500
		7	3:00 PM	2,72	30,4	129	6,07	0,1	47000	8000
		8	4:00 PM	1,04	29,9	73	6,06	0,1	48000	28000
3	Miércoles 21 de junio de 2017	1	9:00 AM	3,62	28,2	238	5,74	0,2	20050	6100
		2	10:00 AM	4,96	29,9	277	5,6	0,2	17200	3800
		3	11:00 AM	5,06	29,7	438	5,51	0,2	18200	4200
		4	12:00 AM	5,1	30,9	415	5,16	0,2	19400	6100
		5	1:00 PM	10,88	31,3	704	5,03	0,2	21150	6150
		6	2:00 PM	3,45	30,2	283	4,91	0,2	20900	7500
		7	3:00 PM	6,75	30	293	5,46	0,2	29000	9500
		8	4:00 PM	2,87	29,7	202	5,61	0,2	36000	16000
4	Lunes 26 de junio de 2017	1	9:00 AM	6,61	28,4	268	4,76	0,1	112000	12000
		2	10:00 AM	6,1	29,7	655	5,17	0,1	22000	7500
		3	11:00 AM	10,46	30,5	353	4,78	0,2	31000	8500
		4	12:00 AM	4,31	30,2	520	5,08	0,2	38000	18000
		5	1:00 PM	5,21	29,2	307	5,39	0,2	73500	20000
		6	2:00 PM	4,5	29,5	339	5,56	0,1	49000	22500
		7	3:00 PM	4,75	29,7	292	5,47	0,1	137000	7000
		8	4:00 PM	1,23	29,3	82	5,61	0,1	168000	15000
5	Lunes 03 de julio de 2017	1	9:00 AM	2,8	25,2	165	5,64	0	11000	2500
		2	10:00 AM	3,05	26,5	349	5,69	0	6000	1500
		3	11:00 AM	6,34	27,7	535	5,8	0	21500	2500
		4	12:00 AM	5,66	29,3	605	5,55	0	128500	15000
		5	1:00 PM	7,35	29,3	398	5,25	0	20000	17000
		6	2:00 PM	6,4	29,6	679	5,79	0	26000	4500
		7	3:00 PM	5,18	29,3	601	5,58	0	87500	21000
		8	4:00 PM	1,86	28,8	417	5,39	0	167500	99000
6	Miércoles 5 de julio de 2017	1	9:00 AM	6,7	30,7	590	5,29	0	62000	55000
		2	10:00 AM	8,61	32	746	5,74	0	19500	13000
		3	11:00 AM	9,31	32,6	861	5,86	0	26500	12500
		4	12:00 AM	10,08	31,6	902	5,92	0,1	46000	6500
		5	1:00 PM	8,56	31,2	960	6,58	0,1	14000	2000
		6	2:00 PM	7,03	30,5	746	6,59	0,1	24500	4000
		7	3:00 PM	5,15	30,7	604	6,69	0,1	44000	9500
		8	4:00 PM	3,13	30	414	6,84	0,1	49500	12000
7	Jueves 13 de Julio de 2017	1	9:00 AM	4,83	30,2	429	7,7	0,1	16500	8500
		2	10:00 AM	7,34	31,2	687	7,79	0	14000	5500
		3	11:00 AM	9,83	32,1	809	7,14	0,1	116500	6500
		4	12:00 AM	10	32,7	880	7,31	0,1	15000	1500
		5	1:00 PM	9,14	32,5	947	7,19	0,1	14500	1000
		6	2:00 PM	8,1	31	844	7,38	0,1	52500	2000
		7	3:00 PM	6,06	30,2	320	7,5	0,1	54500	1500
		8	4:00 PM	2,78	29,9	296	7,38	0,1	8000	2500

Anexo 1. Datos generales de campaña de muestreo en la playa Puerto Mocho



Anexo 2. Zona Intermareal de la Playa puerto mocho



Anexo 3. Playa puerto mocho.



Anexo 4. Presencia de equinos en Playa Puerto mocho.



Anexo 5. Índice de contaminaciones playa de Puerto Mocho.



Anexo 6. Presencia de patos en playa de Puerto Mocho.



Anexo 7. Presencia de porcinos en playa de Puerto Mocho.



Anexo 8. Turismo en playa de Puerto Mocho.



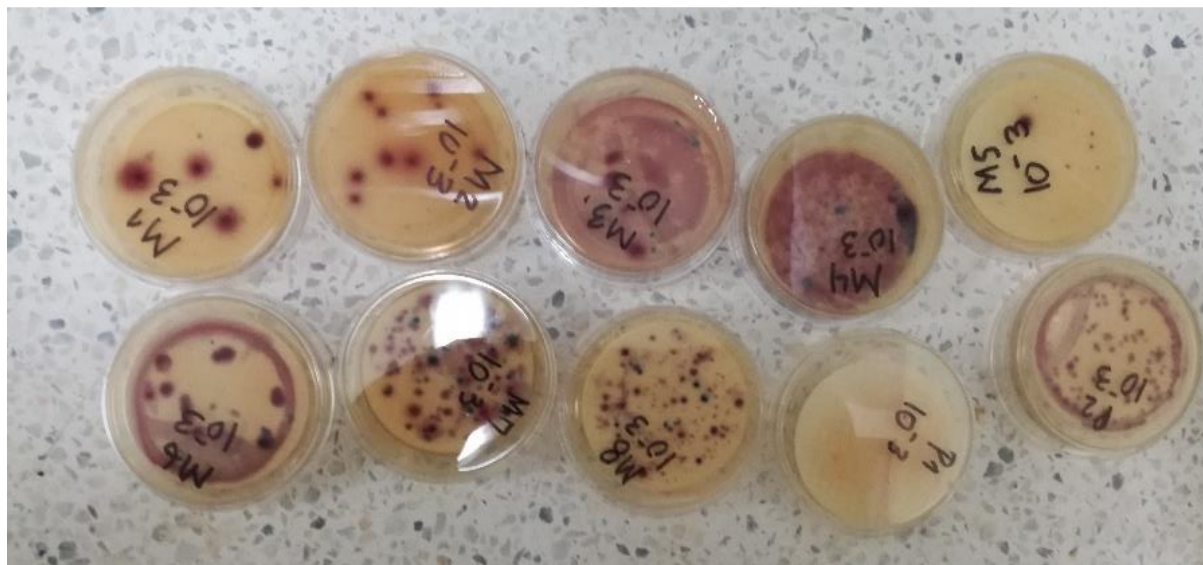
Anexo 9. Toma de muestra de arena en playa de Puerto Mocho.



Anexo 10. Toma de muestra de arena en playa Puerto Mocho.



Anexo 11. Análisis de muestras en laboratorio.



Anexo12. Conteo de Coliformes totales y fecales.

